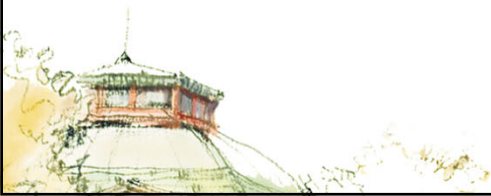


第一篇 变压器

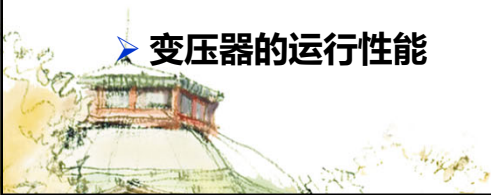
第二章 变压器基本作用原理与理论分析



第二章

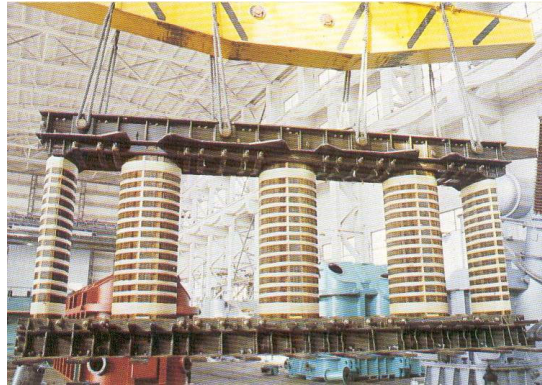
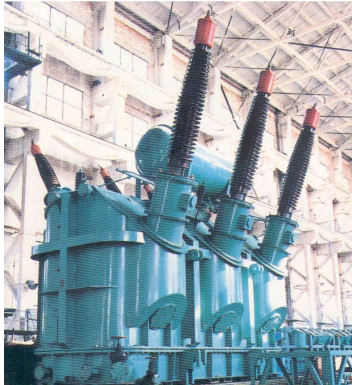
变压器的基本原理与理论分析

- 电力变压器的基本结构和额定值
- 变压器空载运行
- 变压器负载运行
- 标么值
- 参数测定方法
- 变压器的运行性能



• 变压器的基本结构

• 变压器的额定值

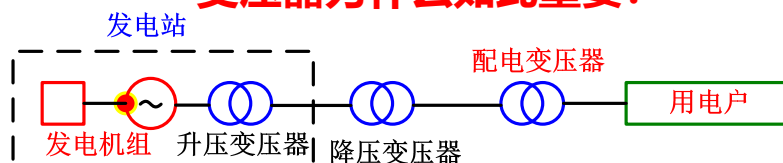


东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

3

变压器为什么如此重要？



- ▶ **变压器**的总容量大致相当于**发电机**容量的**三倍**。

输电过程中，通常将电压**升高**，通过**高压输电线**传送到远方的城市。

经过**降压**变压器降为 **10kV** 电压，再经过**配电降压变压器**分配给用户。

- ▶ 输送同样的**功率**，电压低则**电流大**，**一方面**由于大电流在输电线路路上引起损耗；**另一方面**大电流在线路阻抗上产生大的压降，受电端电压很低，电能传送不出去。**只有高电压能将电能输送到远方。**

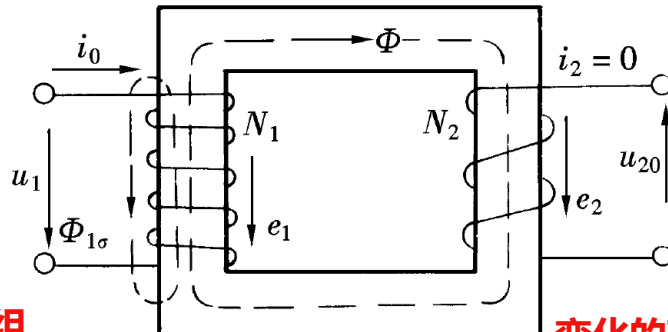


东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

4

变压器基本原理：



原边绕组
通入交流电

电流产生磁通，磁通
随电流变化而变化

变化的磁通在原副边绕组
中感应出电势

如果电流较小，电压之比约
等于电势之比



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

5/24

1. 电力变压器的基本结构和额定值

- 变压器的类别与基本结构
- 变压器的额定值



哈尔滨市三强变压器厂



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

6

I. 变压器的类别

- 一种**静止**的电机
- 将一种电压的**电能**转换为另一种电压的**电能**
- 用途分类：
 - 电力变压器，电力系统传输电能
 - 电炉变压器，专给炼钢炉供电
 - 整流变压器，大型电解电镀、直流电力机车供电
 - 仪表用变压器、控制用变压器
 - 无线电变压器，仅传输信号



I. 变压器的类别

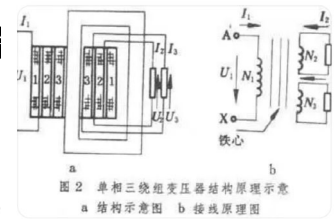
- 电力变压器的**变压**方式
 - **升压变压器** — 升高电压的变压器
 - **降压变压器** — 降低电压的变压器
 - **特殊变压器** — 如试验用高压变压器、电炉用变压器、电焊用变压器、晶闸管线路中的变压器、用于测量仪表的电压互感器和电流互感器等等



I. 变压器的类别

► 电力变压器的线圈数目

- **双绕组**变压器 — 在铁芯中有两个绕组，一个为初级绕组，一个为次级绕组
- **自耦**变压器 — 初级、次级绕组合为一个
- **三绕组**变压器 — 三个绕组连接三种不同电压的线路
- **多绕组**变压器 — 如分裂变压器



多绕组变压器



I. 变压器的类别

► 电力变压器的相数

- **单相**变压器
- **三相**变压器



I. 变压器的类别

➤ 电力变压器的冷却方式

- **油浸式**变压器 — 铁芯和绕组都一起浸入灌满了变压器油的油箱中，可以加强绝缘和改善冷却散热条件
- **干式**变压器 — 常用于防火、防爆等性能要求高的场所。



II. 电力变压器的基本结构

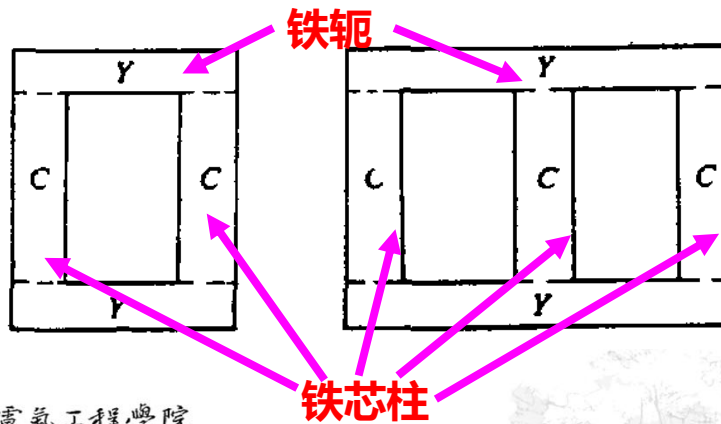
- 铁芯
- 带有绝缘的绕组
- 变压器油
- 油箱
- 绝缘套管



铁芯 — 变压器的磁路

- 电力变压器的铁心是由 **0.35mm** 厚的冷轧硅钢片叠成。(why?)

减少涡流损耗，提高导磁系数。



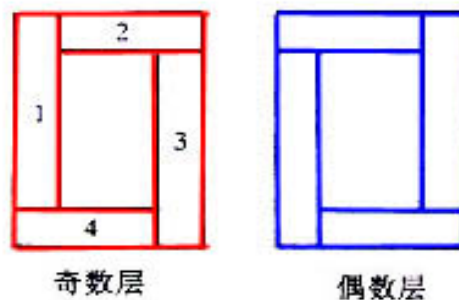
东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

13

铁芯的交叠装配

- **单相**变压器铁芯叠法：**偶数层**刚好压着**奇数层**的接缝，从而减少了磁阻，使磁路便于流通
- 可以避免**涡流**在钢片之间流通



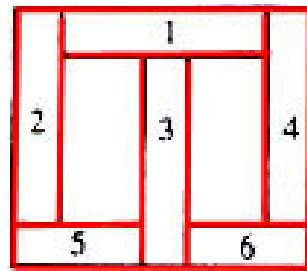
东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

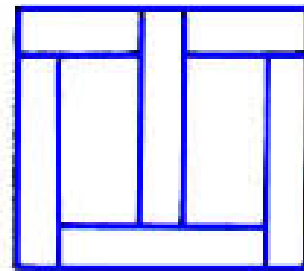
14

铁芯的交叠装配

- 三相芯式变压器的铁芯排列法：主要使叠缝相互交叠，从而减少磁路的磁阻



奇数层



偶数层



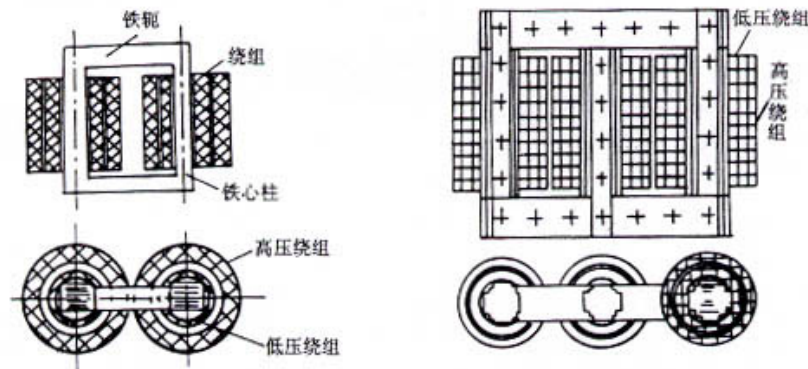
绕组 — 变压器的电路

- 变压器绕组一般为绝缘扁铜线或绝缘圆铜线在绕线模上绕制而成
- 为便于制造、在电磁力作用下受力均匀以及机械性能良好，绕组线圈作成圆形
- 按照绕组在铁芯中的排列方法分类，变压器可分为铁芯式和铁壳式两类
- 绕组的基本型式：
 - 同芯式 (铁芯式变压器)
 - 交叠式 (铁壳式变压器)



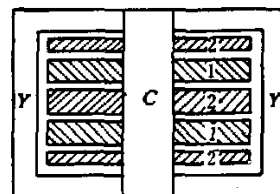
铁芯式变压器

- ▶ 绕组**同芯**套装在变压器铁心柱上，低压绕组在内层，高压绕组套装在外层，以便于绝缘。



铁壳式变压器

- ▶ 变压器的**铁芯柱在中间**，铁轭在**两旁环绕**，且把绕组包围起来。**高压绕组**和**低压绕组**各分为若干个**线饼**，沿着铁芯柱的高度**交错**地排列着
- ▶ 结构比较坚固、制造工艺复杂，高压绕组与铁芯柱的**距离较近**，绝缘也比较困难
- ▶ 通常应用于**电压很低而电流很大**的特殊场合。例如，电炉用变压器。这时巨大的电流流过绕组将使绕组上受到巨大的电磁力，铁壳式结构可以加强对绕组的机械支撑，使能承受较大的电磁力



变压器油

➤ 电力变压器绕组与铁心装配完后用夹件紧固，形成变压器的器芯。变压器器芯装在油箱内，油箱内充满**变压器油**。变压器油起**两个作用**：

- **绝缘**：变压器油是一种矿物油，具有很好的**绝缘性能**，绕组与绕组、绕组与铁心及油箱之间
- **散热**：热量通过油箱壳散发，油箱有许多散热油管，以**增大散热面积**。采用内部油泵强迫油循环，外部用变压器风扇吹风或用自来水冲淋变压器油箱



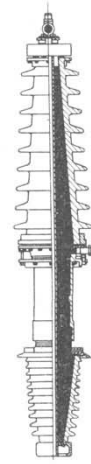
油箱——机械支撑、冷却散热

- 当变压器出现故障时，产生的热量使变压器油汽化，气体继电器动作，发出报警信号或切断电源
- 如果事故严重，变压器油大量汽化，油气冲破安全气道管口的密封玻璃，冲出变压器油箱，避免油箱爆裂
- 变压器运行时产生热量，使变压器油膨胀，储油柜中变压器油上升，温度低时下降
- 储油柜使变压器油与空气接触面较少，减缓了变压器油的氧化过程及吸收空气中的水分的速度



绝缘套管

- 绝缘套管由中心导电杆与瓷套组成。导电杆穿过变压器油箱、在油箱内的一端与线圈的端点联接，在外面的一端与外线路联接
- 在瓷套和导电杆间留有一道充油层——充油套管
- 当电压等级更高时，在瓷套内腔中常环绕着导电杆包上几层绝缘纸筒，在每个绝缘纸筒上贴附有一层铝箔，则沿着套管的径向距离，绝缘层和铝箔层构成串联电容器，使瓷套与导电杆间的电场分布均匀
- 套管外形常做成伞形，电压愈高、级数愈多

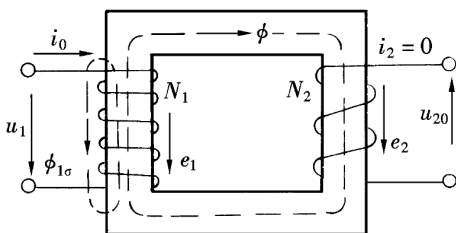


电容器式套管



III. 变压器的额定值

又称为“铭牌值”



➤ 额定容量 S_N ：制造厂所规定的在额定条件下使用时输出能力的保证值。

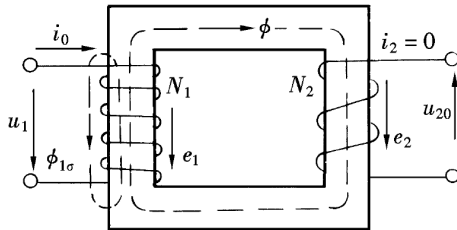
- - 即视在功率：不是有功功率，就是电压×电流；
- - 原副方相等（因为效率高）；
- - 单位：伏安或千伏安，VA，kVA
- - 三相变压器：三相的总容量

➤ 额定电压 U_N ：由制造厂所规定的变压器在空载时额定分接头上的电压保证值，单位为 V 或 kV。

- 初级侧：外加的额定电源电压 U_{1N} ；
- 次级侧：初级侧加额定电压时负载端的空载电压；
- 三相变压器：三相的线电压



III. 变压器的额定值



➤ **额定电流**：额定容量除以各绕组的额定电压所计算出来的**线电流值**，单位用 **A** 或 **kA**

- 由 S_N 、 U_N 求得

- **单相变压器**，一次和二次额定电流为：

$$I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} \quad I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}}$$

- **三相变压器**，一次和二次额定**线**电流为：

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} \quad I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{2N}}$$

➤ **额定频率**：电力变压器的额定频率是 **50Hz**

其它额定参数- 相数、温升、冷却等



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

23

Q: 三相变压器二次侧的额定电压是指原边加额定电压时二次侧的()电压。

A 空载线 B 空载相 C 额定负载时的线 D 额定负载时的相

额定负载???



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

24/24

作 业

➤习题：p. 46: 2-1~2-3 (提前复习星形、三角形连接)

➤要求：

1. 按时交作业，过期不改；
2. 书写认真，文字整齐，抄题目，用直尺作图；
3. 数据精确到小数点后两位。

